Allgemeine Physik

Druckverschiebung und Verbreiterung der zweiten Oberschwingung von HCl

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

genehmigt

von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn

von

Ilse Zastrow

aus Berlin-Charlottenburg.

BONN · 1938

DRUCKEREI H. KEESE, BONN

Berichterstatter:

Prof. Dr. Chr. Füchtbauer.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

EINLEITUNG

Während der Einfluß des Druckes und der Temperatur, sowie des Zusatzes von Fremdgasen auf die Form, die Breite und die Verschiebung von Absorptionslinien der Atomspektren in den letzten Jahren häufig untersucht wurde, und auch seine theoretische Deutung erfahren hat, ist dieser Einfluß für die Molekülspektren nur wenig studiert worden. Das umfangreiche experimentelle Material, das vor allem durch die Arbeiten von Füchtbauer und Mitarbeitern (1) [1]) auf dem Gebiete der Druckverbreiterung und Druckverschiebung der Atomspektren vorliegt, hat seine Deutung durch die Theorien von Lorentz (2), Reinsberg (3), Margenau (4), Kuhn (5) u. a. erfahren. Daß es auf dem Gebiete der Molekülspektren bis vor kurzem noch an eingehenderen derartigen Untersuchungen gefehlt hat, dürfte seinen Grund darin haben, daß die theoretisch leichter zu behandelnden Banden fast alle im photographisch schwer zugänglichen Spektralgebiet liegen. Erst seit dem ultrarot-empfindliche Platten erhältlich sind, konnten solche einfacheren Molekülspektren photographiert und der Einfluß des Druckes auf die Verbreiterung untersucht werden.

Herzberg und Spinks (6) photographierten die (0,0,3,0) Bande des Cyanwasserstoffs bei 1,038 μ bei verschiedenen HCN-Drucken zwischen 130 mm und 650 mmHg und stellten eine verhältnismäßig starke Verbreiterung mit zunehmendem Druck fest, jedoch ohne diese Verbreiterung photometrisch genau ausmessen zu können. Sie fanden, daß bei gleichem HCN-Druck die Verbreiterung mit steigender Rotationsquantenzahl abnahm. Außerdem war die Linienverbreiterung we-

1) Die Zahlen in Klammern deuten auf die gleichen Nummern des Literatur-Verzeichnisses hin.

sentlich stärker bei Erhöhung des Eigendruckes, als wenn der Druck durch Zusatz von Luft zum HCN vergrößert wurde.

Später bestätigten Cornell und Watson (7) die lineare Zunahme der Verbreiterung mit dem Druck, fanden aber im Gegensatz zu Herzberg und Spinks an derselben Bande gleichbleibende Verbreiterung der einzelnen Rotationslinien bei gleichem Druck, also Unabhängigkeit von der Rotations-Quantenzahl.

In einer späteren Arbeit untersuchte Cornell (8) die Cyanwasserstoffbande nochmals und außerdem Banden der starken Dipolmoleküle H_2O und NH_4. Bei Drucken von 1 Atm. betrugen die von ihm gemessenen Halbwertsbreiten:

für Wasser:	0,54 cm^{-1}
für 2 Ammoniakbanden:	1,45 cm^{-1} und 0,81 cm^{-1}
für HCN:	1,56 cm^{-1}

Die Verbreiterung der Banden führt er auf starke Dipolkräfte zurück und zwar soll sich die Verbreiterung von H_2O : HCN verhalten wie die vierten Potenzen ihrer Dipolmomente. Bei Ammoniak ist die Verbreiterung stärker, als dem μ-Wert entsprechen würde.

Verschiebungen an Molekülspektren wurden überhaupt nicht untersucht, es erscheint jedoch nötig, Verbreiterungen und Verschiebungen gleichzeitig zu messen, um zu Aussagen über die Art der Störungen der Molekülzustände zu kommen.

Um einfachere theoretische Ansätze zu ermöglichen, wurde in der vorliegenden Arbeit die zweite Oberschwingung eines zweiatomigen Gases, nämlich HCl, untersucht, die bei 1,19 μ liegt. In diesem Gebiet ist die Empfindlichkeit der Platten nur noch sehr gering, sodaß mit der durch die Haltbarkeit der übersensibilisierten Platten begrenzten Belichtungszeit von 40 Stunden gearbeitet werden mußte, zumal eine ausreichende Dispersion des Spektrographen verlangt wurde, um die dicht beieinanderliegenden Bandenlinien genügend zu trennen.

Es wurde die Verbreiterung und Verschiebung dieser Rotationsschwingungsbande bei verschiedenen Eigendrucken und bei Zusatz von Wasserstoff und Argon zwischen ¼ und 6 Atm. gemessen.

Versuchsanordnung.

Der Spektograph.

Die Versuche wurden mit einem Plangitterspektographen in Autokollimation durchgeführt. Das benutzte Plangitter ist von Michelson geteilt, hat 50×100 mm geteilte Fläche und 600 Striche pro Millimeter. Als Objektiv diente eine Glaslinse von 70 mm Öffnung und 2500 mm Brennweite. Die Dispersion betrug in der ersten Ordnung 6,25 ÅE pro mm. Der Spektrograph besitzt neben dem ursprünglichen Reflexionsprisma und dem Spalt auf der einen Seite des Kameragehäuses, wo die eigentliche Versuchsapparatur aufgestellt war, noch einen zweiten Spalt mit dazugehörigem Reflexionsprisma auf der gegenüberliegenden Seite, sodaß gleichzeitig zwei Aufnahmen von rechts und von links auf die Platte gemacht werden können. Ursprünglich sollte diese Anordnung dazu dienen, das bei 11700 ÅE liegende Kaliumdublett, welches als Vergleichslinien für die Verschiebungsmessungen gebraucht werden sollte, mit Hilfe einer Kaliumdampflampe gleichzeitig mit dem Absorptionsspektrum von Chlorwasserstoff zu photographieren. Doch erwiesen sich die Intensitäten der Kaliumlinien bei der Belichtungszeit von 40 Stunden als zu schwach, um an ihnen noch Messungen machen zu können. So mußte man auf diese Methode verzichten. Als Vergleichslinien wurden die im Kohlebogen auftretenden Bandenlinien genommen, die sich durch große Schärfe auszeichneten.

Der Strahlengang.

Als Lichtquelle zur Erzeugung des kontinuierlichen Grundes diente eine Leitz-Kohlenbogenlampe. Dieselbe wurde etwas überbelastet mit einer Leistung von 35 Amp. betrieben. Die Kinoeffektkohlen der Ringsdorff-Werke A.G. gaben oberhalb von 11 800 ÅE ein linienfreies Kontinuum. Unterhalb traten gut aufgelöste Emissionsbanden auf, von denen drei der am besten liegenden Linien als Vergleichslinien genommen wurden. Das Licht wurde durch eine Linse parallel durch das Absorptionsrohr geschickt und dann durch eine zweite Linse auf den Spalt abgebildet. Die Spaltweite betrug 0,05 mm. Zur Ausfiltrierung des nicht benutzten Spektralbereichs wurde vor den Spalt ein Agfa-Rotfilter Nr. 89 gesetzt, das oberhalb von 8900 ÅE durchlässig wird.

Das Absorptionsrohr.

Das Absorptionsrohr bestand aus Jenaer Supraxglas. Die Schichtlänge war 5000 mm, die Weite 40 mm. Die ebenen Endflächen waren von innen eingeschmolzen und hielten so einen Überdruck von 6 Atm. aus.

Das Chlorwasserstoffgas wurde durch Eintropfen von chemisch reiner konz. Salzsäure (Spez. Gew. 1,19) in chemisch reine konz. Schwefelsäure (Spez. Gew. 1,78) gewonnen. Die entwickelten Gase wurden zur vollständigen Trocknung vor ihrem Eintritt in das Absorptionsrohr durch zwei Waschflaschen mit konz. Schwefelsäure geleitet. Um den hohen Eigendruck zu erhalten, wurde der Chlorwasserstoff in einer mit flüssiger Luft gekühlten Falle gesammelt. Dann ließ man das verflüssigte Gas sich langsam erwärmen, bis der gewünschte Druck sich eingestellt hatte. Die Fremdgase wurden aus Gasbomben entnommen und, nachdem sie durch Phosphorpentoxyd getrocknet waren, durch eine besondere Leitung zugeführt. Auf eine weitere chemische Reinigung der Zusatzgase

wurde verzichtet, da die Verunreinigungen nur 1% betrugen und überdies in dem gemessenen Wellenlängenintervall keine eigenen Absorptionsstellen hatten. Die lange Belichtungszeit brachte eine weitere Schwierigkeit mit sich, die darin besteht, die in der Glasapperatur befindlichen gefetteten Hähne über 48 Stunden dicht zu halten. Das sonst häufig verwendete Dichtungsmittel für HCl, Phosphorpentoxyd, konnte hier nicht verwendet werden, da sich die Hähne in der langen Zeit festsetzten. Es gelang schließlich, die Hähne mit stark chloriertem Vaselin zu dichten.

Der Druck wurde mit einem Federmanometer aus Quarzglas gemessen. Die Ablesegenauigkeit ist $\pm$ 0,1 Atm.

Die Aufnahmen wurden mit den Agfa-Infrarotplatten „1050" gemacht. Die Platten wurden in einer, nach dem Rezept von Agfa angegebenen, Ammoniak-Sodalösung übersensibilisiert, welches eine Empfindlichkeitssteigerung der Platte um den Faktor 4 zur Folge hatte. Als besonders empfindlich erwiesen sich von Hand gegossene Platten, welche die Agfa freundlicherweise speziell für uns anfertigte. Die Belichtungszeiten waren, wie schon erwähnt, 40 Stunden. Die Platte noch länger zu exponieren, war nicht geeignet, da sie dann zu stark schleierte. Die Verarbeitung der Infrarotplatten erfolgte bei einer Dunkelkammerbeleuchtung mit dem Agfa-Filter 114 in Verbindung mit einer Schwachstromlampe. Entwickelt wurde so lange, bis eine leichte Schleierung der Platte eintrat. Anschließend wurde in saurem Fixierbad fixiert.

Die photometrischen Methoden und Hilfsmittel.

Die Schwärzungen auf der Platte wurden mit einem Zeißschen Photometer gemessen und mit den Messungen an einem Photometer nach Waibel verglichen. Bei beiden mißt ein Spiegelgalvanometer hoher Empfindlichkeit die Photoströme einer Sperrschichtzelle. Das Zeißsche Photometer unterscheidet

sich vom Waibelschen durch etwas größere Empfindlichkeit und durch objektive Ablesmethode. Die Verschiebungsaufnahmen wurden ebenfalls mit dem Photometer ausgewertet. Die Lage der Absorptionslinien war durch den größten Galvanometerausschlag, die der Vergleichslinie durch den kleinsten gegeben. Der Abstand beider Linien wurde aus der Verschiebung des Plattentisches erhalten.

Infolge des starken Empfindlichkeit-Abfalls der Platten in diesem Gebiet ist die Schwärzung im kurzwelligen Gebiet sehr viel größer als im langwelligen, was eine ebenso große Änderung der Schwärzungskurve mit der Wellenlänge zur Folge hat. Man konnte die sonst übliche Kochsche photographisch-photometrische Methode hier nicht anwenden. Dieselbe verlangt das Anbringen von Intensitätsmarken mit bekannten Intensitätsverhältnissen zur Festlegung der Schwärzungskurve:

$$S = f\langle \log \frac{J_0}{J} \rangle$$

auf derselben Platte und mit derselben Belichtungszeit wie die Hauptaufnahme. Die Schwärzungen der Intensitätsmarken müssen jene der zu photometrierenden Linie einschließen, um durch Interpolation auf die Schwärzungskurve die Intensitätsverhältnisse ablesen zu können. Die an sich bequemste Methode, ein Stufenfilter mit bekannten Durchlässigkeiten quer vor den Spalt zu legen, erfordert eine ganz gleichmäßige Beleuchtung eines ziemlich langen Spaltstückes. Das bedeutet aber unter den gegebenen Verhältnissen eine Verminderung der Intensität, auf welche hier nicht verzichtet werden konnte. Denn unter den günstigsten äußeren Bedingungen war es bei einer Spaltausleuchtung von zwei Millimeter Höhe nur möglich, bei den für die Messung am besten liegenden Rotationslinien 3,4, und 5 eine Kontinuumsschwärzung von 0,2 bis 0,3 zu erhalten. Auch die von Füchtbauer und seinen Mitarbeitern (1) verwandte Methode war nicht geeignet. Bei der Methode wurde das Stufenfilter in die Kassette vor die photographische Platte gelegt. Der Filterstreifen liegt parallel zur Absorp-

tionslinie soweit entfernt, daß Linie und Filter sich nicht mehr stören. Da die Bandenlinien zu dicht liegen, um eine Stufenblende zwischen die Rotationslinien zu legen, müßte in diesem Fall das Filter neben die Bande gelegt werden. Es wäre ja möglich gewesen, durch Extrapolation für die am nächsten liegenden Bandenlinien die erhaltene Schwärzungskurve zu benutzen, doch war selbst auf die kleine Strecke der Empfindlichkeitsabfall so groß, daß man kein angenähertes Resultat erhalten konnte.

Aus diesem Grunde wurde das Verhältnis der Häufigkeit der beiden Isotope Cl_{35} und Cl_{37}, das 3 : 1 beträgt, benutzt. Da die Absorption pro Atom für beide Isotope dieselbe ist, ist auch der Absorptionskoeffizient proportional der Anzahl der Teilchen. Es ist also:

$$J_{35} = J_0 e^{-\alpha l 3 n}$$

$$J_{37} = J_0 e^{-\alpha l n}$$

wobei:

α = Absorptionskoeffizient für ein Teilchen pro ccm,
l = Schichtlänge,
n = Anzahl der Teilchen,
J_0 = eingestrahlte Intensität.

Daraus folgt:

$$\frac{\ln \frac{J_{35}}{J_0}}{\ln \frac{J_{37}}{J_0}} = \frac{3}{1}$$

Trägt man nun die Logarithmen der mit dem Photometer gemessenen Intensitäten in Abhängigkeit von den Plattenmillimetern auf von einer Rotationslinie und der dazugehörigen entsprechenden Linie des Isotops, so verhält sich unter der Anname, daß beide Linien gleich breit sind (diese kann man ohne weiteres machen; denn der dabei entstehende Fehler ist minimal klein, da er nur durch den Unterschied der effektiven Massen bedingt ist), die Absorption in jedem Punkt der Linie von Cl_{35} zu dem entsprechenden Punkt von Cl_{37} wie 3 : 1.

Unter dieser Voraussetzung erhält man eine Kurve, die die Abhängigkeit der Schwärzung von der Absorption darstellt. Setzt man nämlich die Schwärzung im Maximum der Linienkurve von Cl_{35} gleich der Absorption 1, so entspricht die Schwärzung im Maximum der Kurve von Cl_{37} gleich der Absorption $\frac{1}{3}$. Sucht man nun die gleiche dem Maximum Cl_{37} entsprechende Schwärzung in der Kurve von Cl_{35} auf, so muß auch in diesem Punkt die Absorption gleich $\frac{1}{3}$ sein, und man kann direkt die Drittelwertsbreite ablesen. Da beide Linien gleich breit sind, ist auch in der Kurve von Cl_{37} bei der entsprechenden Breite die Absorption auf den dritten Teil gesunken, also $\frac{1}{3}$ von $\frac{1}{3} = \frac{1}{9}$, usw. Aus der so erhaltenen Kurve kann man die, den gemessenen Schwärzungen entsprechenden Absorptionen ablesen und erhält die eigentliche Linienkurve, die eine Abhängigkeit der Absorption von den Plattenmillimetern darstellt.

Die Ausführung der Versuche.

Es wurden Aufnahmen mit drei verschiedenen Drucken bei 1,5; 3 und 4,5 Atm. Chlorwasserstoff ausgeführt. Da die Linien bei 1,5 Atm. schon ziemlich breit sind, wurde eine Aufnahme bei $\frac{1}{4}$ Atm. Chlorwasserstoff gemacht. Die Absorptionstiefe ist bei diesem Druck gerade noch meßbar, und die Linien sind außerordentlich scharf, sodaß man sie als ungestört betrachten kann, die Breite war bei dem kleinen Druck nicht mehr zu bestimmen. Diese Aufnahme war nötig, um die bei Erhöhung des Eigendrucks und Zusatz von Fremdgasen zum HCl auftretende Verschiebung messen zu können. An Fremdgasen wurde dem HCl von $\frac{1}{4}$ Atm. Druck sowohl H_2 von 2,75 Atm. wie auch Argon von 5,75 Atm. zugesetzt, um einen eventuellen Unterschied zwischen Eigendruck- und Fremddruckverschiebung und -verbreiterung festzustellen. Alle Aufnahmen wurden bei der gleichen Zimmertemperatur von 17° C gemacht.

Die Schwärzungen wurden in der Mitte der Absorptionslinie von 0,01 zu 0,01 mm der Platte bestimmt, weiter außen alle 0,02 mm und schließlich alle 0,1 mm, bis die Konstanz des Galvanometerausschlages das Erreichen des kontinuierlichen Grundes anzeigte. Da die Linien ziemlich dicht beieinander liegen, wurden alle Bandenlinien mitsamt den Vergleichslinien ohne Unterbrechung gemessen. Infolge des großen Plattenkorns der Infrarotplatten war bei der großen Empfindlichkeit des Photometers die Schwankungen innerhalb der Messungen sehr groß. Darum wurde die Messung bei jedem Druck 10 mal wiederholt und der Fehler beim Zeichnen der Kurven ausgeglichen.

Dann wurden die Schwärzungen für die Absorptionslinien aus den Galvanometerausschlägen berechnet und die Kurven auf die Absorptionskurven umgerechnet. Hierauf konnte die Absorptionskurve der Linie gezeichnet und aus ihr direkt die Halbwertsbreite abgemessen werden.

Die Verschiebung wurde aus der gleichen gemessenen Photometerkurve abgelesen. Sie ergab sich aus dem Abstand vom Maximum der Vergleichslinie zum Maximum der Absorptionslinie.

Die Meßergebnisse.

a) Verschiebungen.

Verschiebungen sind bisher an Molekülspektren noch nicht untersucht worden. Wie aber eingangs schon betont wurde, geben die Verschiebungen in Verbindung mit Verbreiterungsmessungen ein genaueres Resultat über die Art der auftretenden Störungen im Molekül.

Zunächst wurden die Verschiebungen der Hauptlinien des R-Zweiges 1—8 von HCl_{35} und die Isotopenlinien 2'—6' von HCl_{37} der Bande ausgemessen, und zwar bei den Drucken 1,5;3 und 4,5 Atm. HCl, wobei die bei 0,25 Atm. erhaltenen

Linien als unverschoben angesehen wurden. Die drei Isotopenlinien von HCl_{37} 1', 7' und 8' waren bei der ¼ Atm. HCl-Aufnahme zu schwach absorbiert, um ausgemessen zu werden, ebenso die 9. Linie des Isotops HCl_{35}. In der Tabelle 1 sind die Verschiebungen in Plattenmillimetern aufgeführt.

Tabelle 1.

Atm.	HCl – HCl			0,25 HCl 2,75 H_2	0,25 HCl 5,75 Ar
R (J)	1,5	3	4,5		
1	0,01	0,04	0,06	0,01	0,05
2	0,02	0,03	0,07	0,01	0,04
2'	0,02	0,04	0,07	0,02	0,05
3	0,03	0,05	0,07	0,02	0,05
3'	0,02	0,04	0,06	0,00	0,04
4	0,03	0,04	0,06	0,02	0,06
4'	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
5	0,02	0,05	0,06	0,02	0,06
5'	0,02	0,07	0,06	0,01	0,06
6	0,04	0,04	0,07	0,01	0,05
6'	0,02	0,04	0,07	0,01	0,05
7	0,00	0,05	0,06	0,02	0,06
8	0,02	0,03	0,07	0,02	0,05
Mittelwert in Platten-mm	0,020	0,044	0,064	0,014	0,052
Mittelwert in cm-1	0,087	0,191	0,278	0,061	0,225

Reduktion der Verschiebung auf die Dichte 1 gibt für:

Eigendruckverschiebung: $\triangle \gamma = 0{,}0657\ cm^{-1}$

Verschiebung durch Argon: $\triangle \gamma = 0{,}0403\ cm^{-1}$

Die Streuung der einzelnen Meßwerte rührt her von den Meßfehlern beim Photometrieren, die infolge des großen Plattenkorns auftreten. Es zeigt sich eine *Blauverschiebung*, die für alle Rotationsquantenzahlen der Isotope 35 und 37 dieselbe ist und proportional dem Druck zunimmt. Die bei-

den letzten Zeilen enthalten die Mittelwerte der Verschiebung in Plattenmillimetern und in cm^{-1}.

Die Verschiebungen durch die Fremdgase Wasserstoff und Argon sind in Tabelle 1 in den letzten zwei Spalten aufgeführt. Auch hier zeigt sich Unabhängigkeit von der Rotationsquantenzahl. Bei den verwendeten Drucken beträgt sie für H_2 ca. ⅓, für Argon ungefähr ½ der Eigendruckverschiebung.

b) Verbreiterung.

In Tabelle 2 sind die Halbwertsbreiten der Rotationslinien 2, 3, 4 und 5 in Plattenmillimetern bei den verschiedenen Drucken eingetragen.

Tabelle 2.

Atm. / R(J)	HCl – HCl 1,5	HCl – HCl 3	HCl – HCl 4,5	0,25 HCl 2,75 H_2	0,25 HCl 5,75 Ar
2	0,26	0,36	0,44	0,10	0,28
3	0,25	0,35	0,45	0,12	0,29
4	0,25	0,36	0,45	0,12	0,28
5	0,25	0,34	0,46	0,12	0,29
Mittelwert in Platten-mm	0,255	0,353	0,450	0,115	0,285
Mittelwert in cm^{-1}	1,105	1,535	1,960	0,502	1,192

Wie bei den Verschiebungen scheint auch hier die Verbreiterung unabhängig von der Rotationsquantenzahl zu sein. Dasselbe gilt auch für die Verbreiterung der Linien durch den Zusatz der benutzten Fremdgase, die aus den zwei letzten Spalten der Tabelle 2 zu entnehmen ist. Das würde in Übereinstimmung mit den von Margenau (9) aufgestellten Theorien über die Verbreiterung von Bandenlinien durch Fremd-

gase sein, nach denen eine Unabhängigkeit der Verbreiterung und Verschiebung von der Schwingungs- und Rotationsquantenzahl bestehen soll, und bestätigt den von Cornell und Watson (7) mitgeteilten Befund über die Unabhängigkeit der Quantenzahl bei der Eigendruckverbreiterung von HCN. Wenn man mit Cornell (8) annimmt, daß die Verbreiterung mit größer werdendem Dipolmoment der verwendeten Molekülgase stark ansteigt, müßte die Eigendruckverbreiterung größer sein, als die Verbreiterung durch die Fremdgase H_2 und Ar. Die Ergebnisse berechtigen zu der Annahme, daß dies auch hier der Fall ist, jedoch besteht kein größenordnungsmäßiger Unterschied. Bei der Ausmessung der Linienform zeigte sich völlige Symmetrie der verbreiterten Linien.

Zusammenfassung.

Die zweite Oberschwingung von Chlorwasserstoff bei 1.19 μ wird durch Erhöhung des Eindrucks und durch Störung mit fremden Gasen verbreitert und verschoben. Der starke Empfindlichkeitsabfall der Infrarotplatten verbietet die sonst üblichen photographisch-photometrischen Methoden zur Bestimmung der Intensitätsverhältnisse der Linie. Es wird das Verhältnis der Absorptionskoeffizienten, das entsprechend der Häufigkeit der beiden Isotope Cl_{35} und Cl_{37} sich wie 3 : 1 verhält, benutzt und daraus eine Kurve erhalten, die die Abhängigkeit der Schwärzung von der Absorption gibt.

Die Verschiebungen und Verbreiterungen der Absorptionslinien bei Chlorwasserstoffdrucken wurde von 1,5,3 und 4,5 Atm. gemessen, und es wurde gefunden, daß die Verschiebung proportional dem Druck ist und unabhängig von der Rotationsquantenzahl. Die Verbreiterung erweist sich ebenfalls unabhängig von der Quantenzahl und steigt linear mit dem Druck. Desgleichen wurde die Verbreiterung und Verschiebung durch Zusatz von Fremdgasen untersucht.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. Chr. Füchtbauer für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie für seine Ratschläge und Unterstützung bei der Ausführung derselben.

Die Helmholtzgesellschaft stellte für die Untersuchung den benutzten Spektrographen zur Verfügung, wofür ich ihr danken möchte; ebenfalls danke ich der Agfa (Filmfabrik Wolfen) für die speziell für diese Arbeit hergestellten hochempfindlichen Platten.

Literatur-Verzeichnis.

1. a) Füchtbauer, Chr., Schell, C.: Phys. Ztschr. 14, 1164, 1913.
   b) Füchtbauer, Chr., Hoffmann, W.: Ann. d. Phys. 43, 96, 1914.
   c) Füchtbauer, Chr., Joos, G., Dinckelacker, O.: Ann. d. Phys. 71, 204, 1923.
   d) Füchtbauer, Chr., Gößler, F.: Ztschr. f. Phys. 87, 89, 1933.
   e) Füchtbauer, Chr., Schulz, P., Brandt, F.: Ztschr. f. Phys. 90, 403, 1934.
   f) Füchtbauer, Chr., Schulz, P.: Ztschr. für Phys. 97, 699, 1935.
2. Lorentz, H. A.: Amst. Proc. 8, 591, 1906.
3. a) Reinsberg, C.: Ztschr. f. Phys. 93, 416, 1935.
   b) Reinsberg, C.: Ztschr. f. Phys. 105, 460, 1937.
4. a) Margenau, H.: Phys. Rev. 40, 387, 1923.
   b) Margenau, H.: Phys. Rev. 43, 129, 1933.
5. Kuhn, H.: Phil. Mag. 18, 987, 1934.
6. Herzberg, G., Spinks, J. W. T.: Proc. Roy. Soc. 147, 434, 1934.
7. Cornell, S. D., Watson, W. W.: Phys. Rev. 50, 279, 1936.
8. Cornell, S. D.: Phys. Rev. 50, 739, 1937.
9. Margenau, H.: Phys. Rev. 49, 648, 1936.

Lebenslauf.

Am 9. Juli 1910 wurde ich, Ilse Zastrow, evangelischer Konfession, in Berlin-Charlottenburg als Tochter des Oberingenieurs Alfred Zastrow geboren. 1916 bis 1926 besuchte ich das Sophie-Charlotten-Lyzeum zu Charlottenburg, darauf die Westend-Schule (Studienanstalt), an welcher ich Ostern 1930 die Reifeprüfung bestand.

Die ersten zwei Semester studierte ich an der Universität Berlin Musikwissenschaften, dann wandte ich mich dem naturwissenschaftlichen Studium zu und belegte 5 Semester ebenfalls in Berlin. Das 6. Semester (SS. 1934) belegte ich in Rostock und begann dort im Wintersemester 1934/35 unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Chr. Füchtbauer die vorliegende Untersuchung im Physikalischen Institut der Universität, die ich nach der Berufung von Herrn Prof. Füchtbauer nach Bonn ebendort fortsetzte.

Mehrere Semesterferien und das Winterhalbjahr 1933/34 arbeitete ich zu meiner weiteren Ausbildung praktisch im Zentral-Laboratorium der Siemens & Halske A.G. in Berlin.

Bonn, den 10. Juni 1938.